UNITÉS 1/2

UNITES DES GRANDEURS LES PLUS USUELLES

Grandeur	Nom	Symbole	Expression en unité de base
	Espace et temps :		
Aire, superficie	mètre carré	m^2	m^2
Volume	mètre cube	m^3	m^3
Vitesse angulaire	radian par seconde	rad/s	$s^{-1}.rad$
Vitesse	mètre par seconde	m/s	$m.s^{-1}$
Accélération	mètre par seconde carré	m/s^2	$m.s^{-2}$
Fréquence	hertz	Hz	s^{-1}
Fréquence de rotation	seconde à la puissance moins un	s^{-1}	s^{-1}
	Mécanique :		
Masse volumique	kilogramme par mètre cube	kg/m^3	$m^{-3}.kg$
Débit-masse	kilogramme par seconde	kg/s	$kg.s^{-1}$
Débit-volume	mètre cube par seconde	m^3/s	$m^3.s^{-1}$
Moment cinétique	kilogramme-mètre carré par seconde	$kg.m^2/s$	$m^2.kg.s^{-1}$
Moment d'inertie	kilogramme-mètre carré	$kg.m^2$	$m^2.kg$
Force	newton	N	$m.kg.s^{-2}$
Moment d'une force	newton - mètre	N.m	$m^2.kg.s^{-2}$
Pression, contrainte	pascal	Pa	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
Viscosité (dynamique)	pascal-seconde	Pa.s	$m^{-1}.kg.s^{-1}$
Viscosité (cinématique)	mètre carré par seconde	m^2/s	$m^2.s^{-1}$
Energie, travail	joule	J	$m^2.kg.s^{-2}$
Puissance	watt	W	$m^2kg.s^{-3}$
	Thermodynamique :		
Coefficient de dilatation linéique	kelvin à la puissance moins un	K^{-1}	K^{-1}
Conductivité thermique	watt par mètre-kelvin	W/(m.K)	$m.kg.s^{-3}.K^{-1}$
Capacité thermique massique	joule par kilogramme-kelvin	J/(kg.K)	$m^2.s^{-2}.K^{-1}$
Entropie	joule par kelvin	J/K	$m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}$
Energie interne, enthalpie	joule	J	$m^2.kg.s^{-2}$
	Electricité – Magnétisme :		
Charge électrique	coulomb	C	s.A
Champ électrique	volt par mètre	V/m	$m.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Tension, différence de potentiel	volt	V	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Capacité	farad	F	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Champ magnétique	ampère par mètre	A/m	$m^{-1}.A$
Induction magnétique	tesla	T	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
Flux d'induction magnétique	weber	Wb	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
Inductance	henry	H	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Résistance, impédance	ohm	Ω	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
Conductance, admittance	siemens	S	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Résistivité	ohm-mètre	Ω.m	$m^3.kg.s^{-3}.A^{-2}$
Conductivité	siemens par mètre	S/m	$m^{-3}.kg^{-1}.s^3.A^2$
	Optique :		
Flux lumineux	lumen	lm	cd.sr
Luminance (lumineuse)	candela par mètre carré	cd/m^2	$m^{-2}.cd$
Eclairement	lux	lx	$m^{-2}.cd.sr$
Exposition lumineuse	lux seconde	lx.s	$m^{-2}.s.cd.sr$
Efficacité lumineuse	lumen par watt	lm/W	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.cd.sr$

UNITÉS 2/2

Préfixes et Abréviations

Nom	tera	giga	mega	kilo	hect(o)	déca	déci	centi	milli	micro	nano	pico
Multiplicateur	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{3}	10^{2}	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
Abréviation internationale	T	G	M	k	h	da	d	c	m	µ	n	p

Conversion des longueurs

	mm	cm	m	inches	feet	yards	km	mile
mm	1	10^{-1}	10^{-3}	$3.93701.\ 10^{-2}$	$3.28084\ 10^{-3}$	$1.09361\ 10^{-3}$	10^{-6}	$6.21388\ 10^{-7}$
cm	10	1	10^{-2}	$3.93701\ 10^{-1}$	$3.28084\ 10^{-2}$	$1.09361\ 10^{-2}$	10^{-5}	$6.21388\ 10^{-6}$
m	1000	100	1	39.3701	3.28084	1.09361	10^{-3}	$6.21388\ 10^{-4}$
inches	25.4	2.54	$2.54\ 10^{-2}$	1	$8.3333\ 10^{-2}$	$2.7778\ 10^{-2}$	$2.54\ 10^{-5}$	$1.57828\ 10^{-5}$
feet	304.8	30.48	$3.048\ 10^{-1}$	12	1	$3.3333\ 10^{-1}$	$3.048\ 10^{-4}$	$1.89394\ 10^{-4}$
yards	914.4	91.44	$9.144\ 10^{-1}$	36	3	1	$9.144\ 10^{-4}$	$5.68182\ 10^{-4}$
km	10^{6}	10^{5}	1000	39370.1	3280.84	1093.61	1	$6.21388\ 10^{-1}$
mile	$1.60934\ 10^{6}$	160934	1609.34	63360	5280	1760	1.60934	1

Conversions des masses

	g	kg	oz	Pound (lbm)	US ton
g	1	10^{-3}	3.5274 10-2	$2.20462\ 10^{-3}$	$1.10231\ 10^{-6}$
kg	1000	1	35.274	2.20462	$1.10231\ 10^{-3}$
oz	28.3495	$2.83495\ 10^{-2}$	1	$6.25\ 10^{-2}$	$3.125\ 10^{-5}$
Pound (lbm)	453.592	$4.53592\ 10^{-1}$	16	1	$5\ 10^{-4}$
US ton	907185	907.185	32000	2000	1

Conversion d'énergie

	J	Wh	kp m	kcal	BTU
J	1	$2.77778\ 10^{-4}$	$1.01972\ 10^{-1}$	$2.38846\ 10^{-4}$	$9.47817\ 10^{-4}$
Wh	3600	1	367.098	$8.59845\ 10^{-1}$	3.41214
kp m	9.80665	$2.72407\ 10^{-3}$	1	$2.34228\ 10^{-3}$	$9.29491\ 10^{-3}$
kcal	4186.8	1.163	426.935	1	3.96832
BTU	1055.06	$2.93071\ 10^{-1}$	107.586	$2.51996\ 10^{-1}$	1

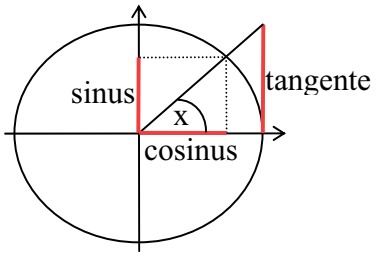
Conversion des pressions

	Pa	N/mm^2	bar	$[kp/cm^2]$	[torr]
Pa	1	10^{-6}	10^{-5}	$1.02\ 10^{-5}$	$7.5\ 10^{-3}$
N/mm^2	10^{6}	1	10	10.2	$7.5\ 10^{3}$
bar	10^{5}	0.1	1	1.02	$7.5\ 10^{2}$
$[kp/cm^2]$	98100	$9.81\ 10^{-2}$	0.981	1	736
[torr]	133	$0.133\ 10^{-3}$	$1.33\ 10^{-3}$	$1.36\ 10^{-3}$	1

FORMULAIRE DE TRIGONOMETRIE

Angles :

x	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
sin (x)	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
cos (x)	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tan (x)	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	non déf.



Relations fondamentales :

$\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$

$\tan(x) = \frac{\sin(x)}{\cos(x)} = \frac{1}{\cotan(x)}$

$\sin^2(x) = \frac{1-\cos(2x)}{2}$

$\cos^2(x) = \frac{1+\cos(2x)}{2}$

Addition :

$\sin(a + b) = \sin a \,.\, \cos b + \sin b \,.\, \cos a$

$\sin(a - b) = \sin a \,.\, \cos b - \sin b \,.\, \cos a$

$\cos(a + b) = \cos a \,.\, \cos b - \sin a \,.\, \sin b$

$\cos(a - b) = \cos a \,.\, \cos b + \sin a \,.\, \sin b$

$\tan(a + b) = \frac{\tan a + \tan b}{1 - \tan a \,.\, \tan b}$

$\tan(a - b) = \frac{\tan a - \tan b}{1 + \tan a \,.\, \tan b}$

Multiplication :

$\sin a \,.\cos b = \frac{1}{2}[\sin(a+b) + \sin(a-b)]$

$\sin a \,.\sin b = \frac{1}{2}[\cos(a-b) - \cos(a+b)]$

$\cos a.\cos b = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$

$\text{Sin } 2a = 2\sin a.\cos a = \frac{2\tan a}{1 + \tan^2 a}$

$\text{Cos } 2a = \cos^2 a - \sin^2 a = \frac{1 - \tan^2 a}{1 + \tan^2 a}$

$\text{Cos } 2a = 2\cos^2 a - 1 = 1 - 2\sin^2 a$

$\tan 2a = \frac{2\tan a}{1 - \tan^2 a}$

Autres relations :

$1 + \cos a = 2\cos^2\frac{a}{2}$

$1 - \cos a = 2\sin^2\frac{a}{2}$

$\sin a = 2\sin\frac{a}{2}\,.\,\cos\frac{a}{2}$

$\cos a = \cos^2\frac{a}{2} - \sin^2\frac{a}{2}$

$\frac{1 - \cos a}{1 + \cos a} = \tan^2\frac{a}{2}$

$\tan a = \frac{2\tan a/2}{1 - \tan^2 a/2}$

Formules de l'angle double :

$\sin(2\theta) = 2\,.\,\sin(\theta)\,.\,\cos(\theta)$

$\cos(2\theta) = \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta) = 2\cos^2(\theta) - 1 = 1 - 2\sin^2(\theta)$

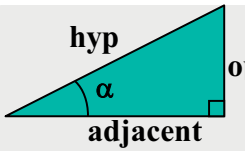
$\tan(2\theta) = \frac{2\tan(\theta)}{1 - \tan^2(\theta)}$

Cosinus, sinus et tangente d'un angle aigu :

$\cos(\alpha) = \frac{\text{coté adjacent à } \alpha}{\text{hypoténuse}}$

$\sin(\alpha) = \frac{\text{coté opposé à } \alpha}{\text{hypoténuse}}$

$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$



Formules d' Euler :

$\cos(\theta) = \frac{e^{j\theta} + e^{-j\theta}}{2}$ et $\sin(\theta) = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j}$

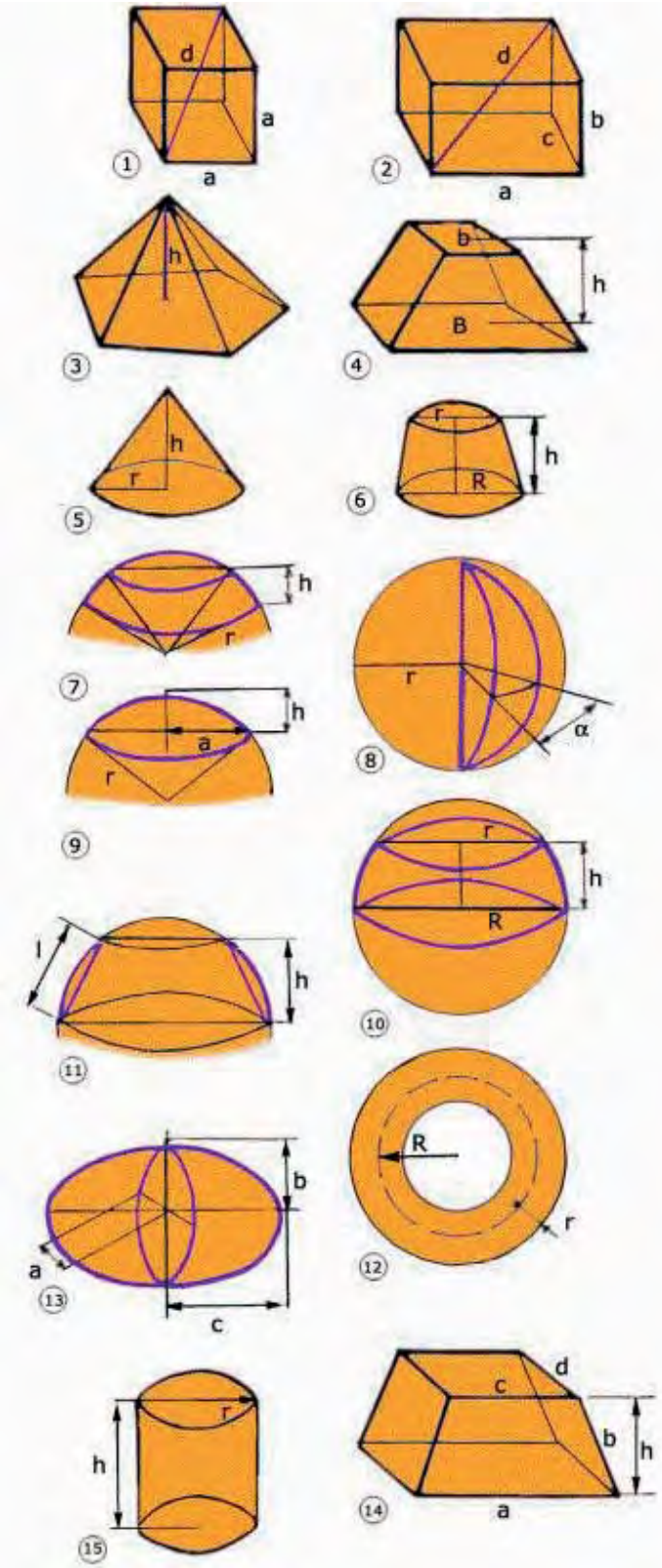
Formule de Moivre :

$(\cos\theta + \sin\theta)^n = \cos(n\theta) + \sin(n\theta)$

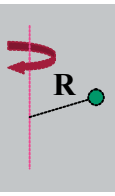
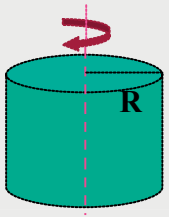
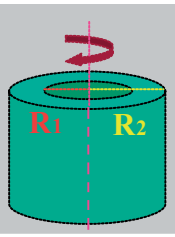
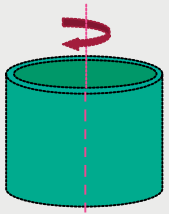
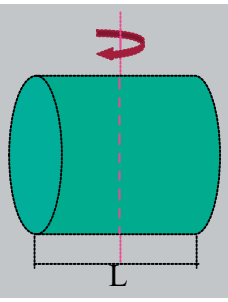
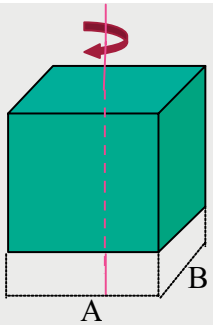
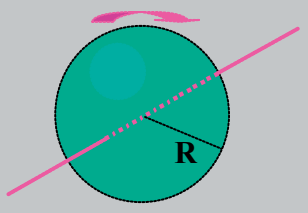
VOLUMES

Désignation	Volume
Cube (1)	a^3 $(d = a.\sqrt{3})$
Parallélépipède rectangle (2)	$a.b.c$ $(d = \sqrt{a^2+b^2+c^2})$
Pyramide (3)	$\frac{B.h}{3}$
Tronc de pyramide (4)	$\frac{h}{3}(B_1 + B_2 + \sqrt{B_1.B_2})$
Cône (5)	$\frac{\pi.r^2.h}{3}$
Tronc de cône (6)	$\frac{\pi.h}{3}(R^2 + R.r + r^2)$
Sphère	$\frac{4}{3}\pi.r^3$
Secteur sphérique (7)	$\frac{2}{3}\pi.r^2.h$
Onglet sphérique (8)	$\frac{2.\alpha.r^3}{3}$ (α en rad)
Calotte sphérique (9)	$\frac{\pi.h^3}{6} + \frac{\pi.a^2.h}{2}$
Segment sphérique (10)	$\frac{1}{6}\pi.h^3 + \frac{\pi.h}{2}.(R^2 + r^2)$
Anneau sphérique (11)	$\frac{1}{6}\pi.l^2.h$
Tore (12)	$2\pi^2.R.r^2$
Ellipsoïde (13)	$\frac{4}{3}\pi.a.b.c$
Prisme quadrangulaire (14)	$\frac{h}{6}[b.(2a + c)+d.(2c + a)]$
Cylindre (15)	$\pi.r^2.h$

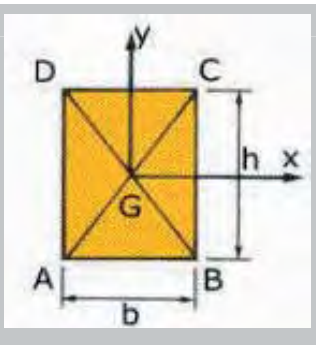
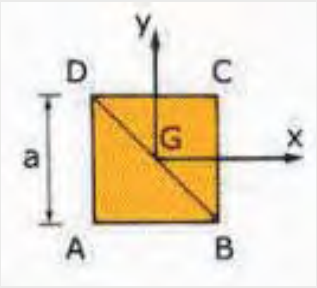
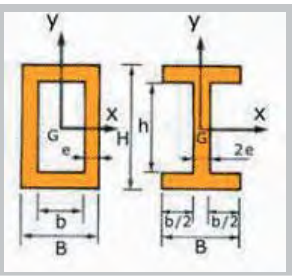
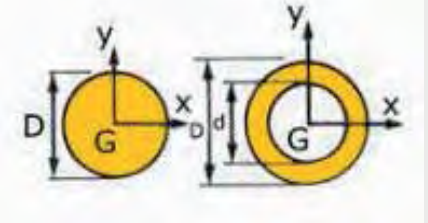
Figure



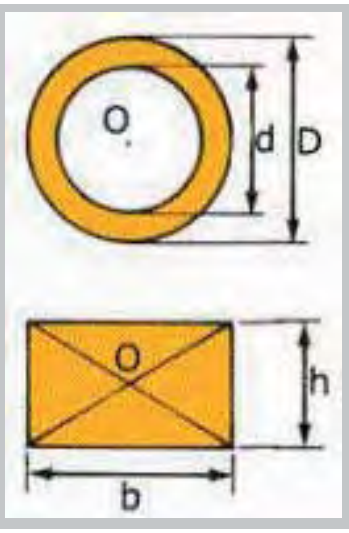
MOMENTS D'INERTIE

Masse ponctuelle	$J = M \cdot R^2$	
Cylindre plein	$J = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2$	
Cylindre annulaire	$J = \frac{1}{2} \cdot M \cdot (R_1^2 - R_2^2)$	
Cylindre annulaire mince	$J = M \cdot R^2$	
Cylindre plein transverse	$J = \frac{1}{4} \cdot M \cdot (R^2 + \frac{L^2}{3})$	
Parallélépipède rectangle	$J = \frac{1}{12} \cdot M \cdot (A^2 + B^2)$	
Sphère pleine	$J = \frac{2}{5} \cdot M.R^2$	

MOMENTS QUADRATIQUES

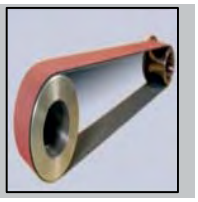
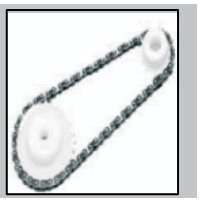
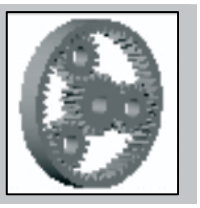
Rectangle	**Par rapport à un axe passant par G** $I_{GX} = \frac{b.h^3}{12}$, $I_{GY} = \frac{h.b^3}{12}$ **Par rapport à un côté** $I_{AB} = \frac{B.h^3}{3}$, $I_{BC} = \frac{h.b^3}{3}$	
Carré	**Par rapport à un axe passant par G** $I_{GX} = I_{GY} = \frac{a^4}{12}$ **Par rapport à un côté** $I_{AB} = I_{BC} = \frac{a^4}{3}$	
Rectangle creux **Un I**	$I_{GX} = \frac{B.H^3 - b.h^3}{12}$ $I_{GY} = \frac{H.B^3 - h.b^3}{12}$	
Cercle **Couronne**	$I_{GX} = I_{GY} = \frac{\pi.D^4}{64}$ $I_{GX} = I_{GY} = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$	

MOMENTS POLAIRES

Rectangle	$I_0 = \frac{b.h.(b^2+h^2)}{12}$	
Carré	$I_0 = \frac{a^4}{6}$	
Cercle	$I_0 = \frac{\pi.D^4}{32}$	
Couronne circulaire	$I_0 = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$	

TRANSMISSIONS 1/2

REDUCTEUR / CONVERSION

Type	Mouvement	Rapport de réduction	Représentation
A engrenages	Rotation – Rotation	$R = \frac{\text{Nombre de dents du pignon coté charge}}{\text{Nombre de dents du pignon coté moteur}}$	
A courroie lisse	Rotation – Rotation	$R = \frac{\text{Diamètre de la poulie coté charge}}{\text{Diamètre de la poulie coté moteur}}$	
A courroie crantée	Rotation – Rotation	$R = \frac{\text{Nombre de dents de la poulie coté charge}}{\text{Nombre de dents de la poulie coté moteur}}$	
A chaîne et pignon	Rotation – Rotation	$R = \frac{\text{Nombre de dents du pignon coté charge}}{\text{Nombre de dents du pignon coté moteur}}$	
A pignon et vis sans fin	Rotation – Rotation	$R = \frac{\text{Nombre de dents du pignon coté charge}}{\text{Nombre de filets de la vis coté moteur}}$	
A train épicycloïdal	Rotation – Rotation	$R = \frac{\text{Produit des nombres de dents des roues menantes}}{\text{Produit des nombres de dents des roues menées}}$ (relation de Willis)	
Système vis – écrou	Rotation - Translation	$R = \frac{2\pi}{\text{Pas de la vis}}$ (en rad/m)	
Système Pignon- crémaillère	Rotation - Translation	$R = \frac{1}{\text{Rayon moyen du pignon}}$ (en rad/m)	

CARACTERISTIQUES D'UNE TRANSMISSION

Rapport de réduction	$R = \frac{\text{Vitesse du moteur}}{\text{Vitesse de la charge}}$ (sans unité)
Rendement (moteur entraînant)	$\eta t = \frac{\text{Puissance fournie par la transmission}}{\text{Puissance recue par la transmission}}$ (sans unité)
Rendement global (moteur entraînant)	$\eta g = \frac{\text{Puissance utile recue par la charge}}{\text{Puissance fournie par le moteur}}$ (sans unité)
Raideur de la transmission	$K_R = \frac{\text{Couple coté moteur}}{\text{Ecart sur position moteur}}$ (en Nm/rad)

TOLERANCES ARBRES ET ALESAGES

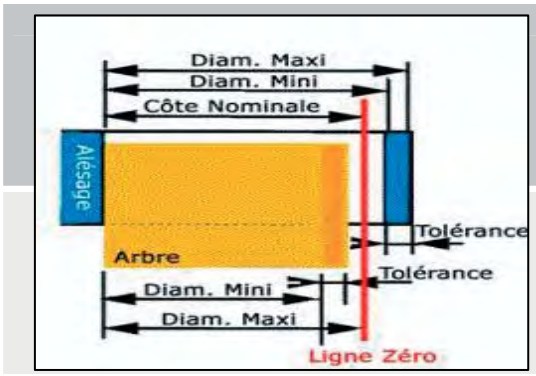
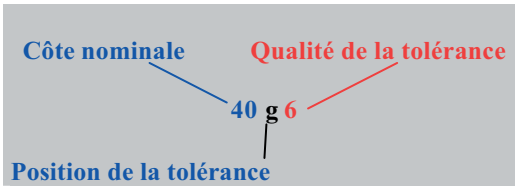
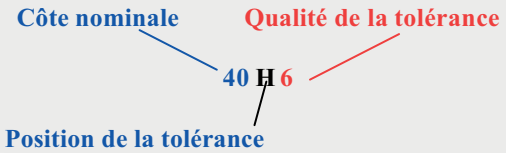
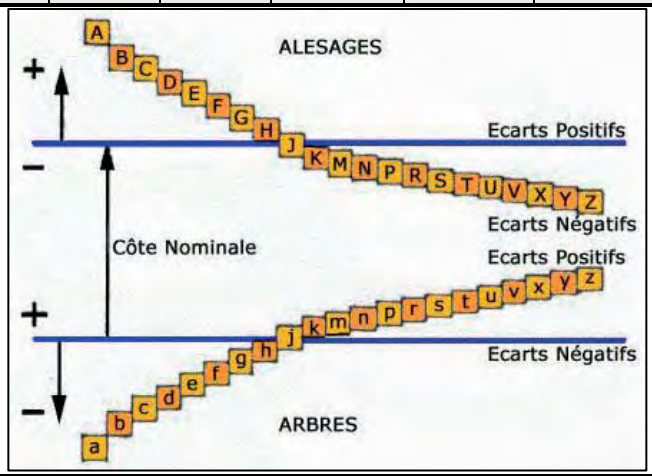
Schéma		Exemple
	**Arbres (lettre en minuscule)**	
	Alésages (lettre en MAJUSCULE)	

Tableau des tolérances de 4 à 12 (en micron)

Qualité	Diamètre en mm									
	1 à 3	3 à 6	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	Usinage
4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	très précis
5	5	5	6	8	9	11	13	15	18	très précis
6	7	8	9	11	13	16	19	22	25	très précis
7	9	12	15	18	21	25	30	35	40	de bonne facture
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	de bonne facture
9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	traditionnel
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	traditionnel
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	traditionnel
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	traditionnel


ALESAGES
A B C D E F G H J K M N P R S T U V X Y Z
Ecarts Positifs
Ecarts Négatifs
Côte Nominale
Ecarts Positifs
a b c d e f g h j k m n p r s t u v x y z
Ecarts Négatifs
ARBRES

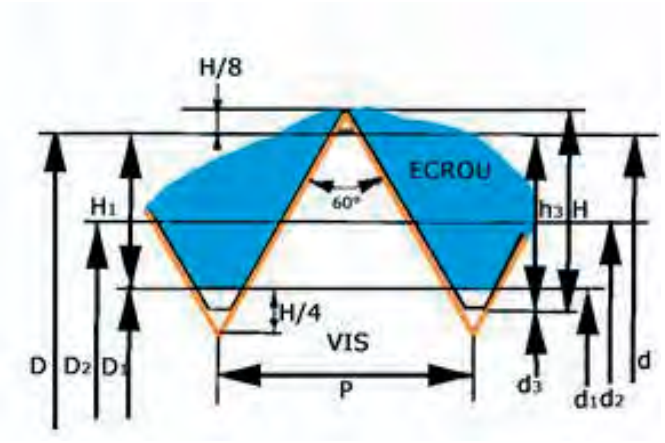
Ajustements Arbres / Alésages

	Groupe H7													
Diamètre	Alésage		Arbres											
(mm)	H7		E8		f7		g6		h6		j6		m6		p6	
6 à 10	+15	0	-25	-47	-13	-28	-5	-14	0	-9	+7	-2	+15	+6	+24	+15
10 à 18	+18	0	-32	-59	-16	-34	-6	-17	0	-11	+8	-3	+18	+7	+29	+18
18 à 30	+21	0	-40	-73	-20	-41	-7	-13	0	-13	+9	-4	+21	+8	+35	+22
30 à 50	+25	0	-50	-89	-25	-50	-9	-25	0	-16	+11	-5	+25	+9	+42	+26
50 à 80	+30	0	-60	-106	-30	-60	-10	-29	0	-19	+12	-7	+30	+11	+51	+32
80 à 120	+35	0	-72	-126	-36	-71	-12	-34	0	-22	+13	-9	+35	+13	+59	+37

	Groupe H6								Groupe H8							
Diamètre	Alésage		Arbres						Alésage		Arbres					
(mm)	H6		g5		h5		j5		H8		e9		f8		h7	
6 à 10	+9	0	-5	-11	0	-6	+4	-2	+22	0	-25	-61	-13	-35	0	-15
10 à 18	+11	0	-6	-14	0	-8	+5	-3	+27	0	-32	-75	-16	-43	0	-18
18 à 30	+13	0	-7	-16	0	-9	+5	-4	+33	0	-40	-92	-20	-53	0	-21
30 à 50	+16	0	-9	-20	0	-11	+6	-5	+39	0	-50	-112	-25	-64	0	-25
50 à 80	+19	0	-10	-23	0	-13	+6	-7	+46	0	-60	-134	-30	-76	0	-30

Filetage à filet triangulaire (métrique - Norme NF E 03-001)

h_3 : profondeur du filet de la vis
H_1 : profondeur du filet de l'écrou
D,d : diamètre nominal
d_3 : diamètre du noyau de la vis
D_1 : diamètre du fond de filet de l'écrou
d_1 : diamètre de l'alésage de l'écrou
r max :rayon à fond de filet de la vis
r_1 max : rayon à fond de filet de l'écrou
D_2 : diamètre à flancs de filet
D_2 : diamètre à flancs de filet
P : pas
H : hauteur du triangle primitif



$$H = 0.866\ P$$
$$D_2 = d_2 = d - \frac{3}{4}H$$
$$D_1 = d_1 = d_2 - 2\,.\,(\frac{H}{2} - \frac{H}{4}),$$
$$D_1 = d - 1.0825\ P$$

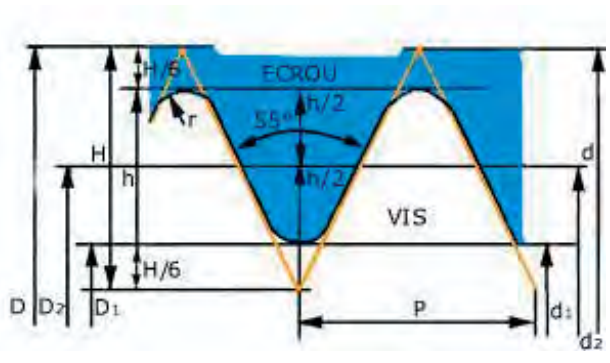
$$d_3 = d_2 - 2\,.\,(\frac{H}{2} - \frac{H}{6}),$$
$$d_3 = d - 1.2268\ P$$
$$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = 0.542\ P,$$
$$h_3 = \frac{d - d_3}{2} = 0.6134\ P$$

Pas usuels selon diamètre nominal (mm)

D = d	Pas normal		D = d	Pas normal	Pas fin
1	0.25		6	1	1
1.2	0.25		8	1.25	1.25
1.6	0.35		10	1.50	1.25
2	0.40		12	1.75	1.50
2.5	0.45		14	2	1.50
3	0.50		16	2	1.50
4	0.70		18	2.5	1.50
5	0.80		20	2.5	1.50

Filetage Gaz (Norme NF E 03-004)

P: pas
n: nombre de filets par inch
h : hauteur portante du filet
D, d :diamètre extérieur
D_1, d_1 : diamètre du noyau
D_2, d_2 : diamètre effectif à flancs de filet
r : arrondi



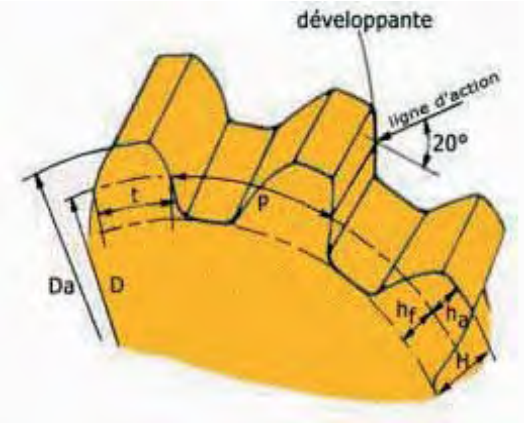
$$P = \frac{1\ \text{pouce}\ (25.4\text{mm})}{\text{nbre de filets au pouce}}$$

$$h = 0.64\ P$$
$$r = 0.137\ P$$
$$D1 = d1 = D - 1.28\ P$$

Diamètre d en inch	p en mm	Nombre de filets au pouce	Diamètre d en inch	p en mm	Nombre de filets au pouce
1/8	0.907	28	1 ¼	2.309	11
1/4	1.336	19	1 ½	2.309	11
3/8	1.336	19	1 ¾	2.309	11
1/2	1.814	14	2	2.309	11
5/8	1.814	14	2 ¼	2.309	11
3/4	1.814	14	2 ½	2.309	11
7/8	1.814	14	2 ¾	2.309	11
1	2.309	11	3	2.309	11

Engrenages cylindriques (Norme NF E23-001)

m : module
p : pas
z : nombre de dents
D : diamètre primitif
D_a : diamètre de tête
t : épaisseur de la dent
h_a : saillie de la dent
h_f : creux de la dent
H : hauteur totale



D = m.z

$$m = \frac{D}{z} = \frac{D.a}{z+2}$$

$$P = m.\pi = \frac{D.\pi}{z}$$

Denture Normale :

$h_a = 1 \times m$

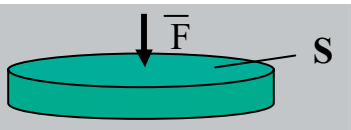
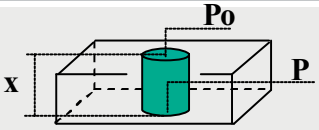
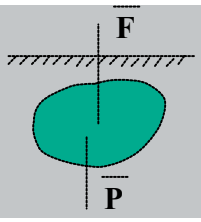
$h_f = 1{,}25 \times m$

$H = 2{,}25 \times m$

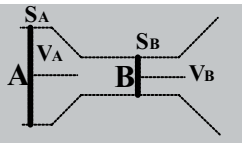
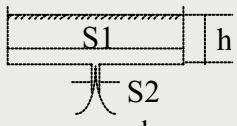
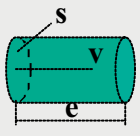
MODULES NORMALISES	0.5	0.6	0.8	1	1.25
	1.5	2	2.5	3	4
	5	6	8	10	12
	16	20	25		

MÉCANIQUE DES FLUIDES

STATIQUE DES FLUIDES

Pression	$P = \frac{F}{S}$ (1 Pascal = $\frac{1 \text{ newton}}{1 \text{ m}^2}$)	 P pression en Pa F force en N S surface en m^2
Pression atmosphérique	$P = \rho \cdot g \cdot h$	ρ masse volumique du fluide g accél^{t} de la pesanteur (9,81 $m.s^{-2}$) h hauteur de la colonne du fluide
Baromètre à mercure **Baromètre à eau**	$h = 0{,}759$ m et $\rho = 13\,610$ $kg.m^{-3}$ $h = 10{,}33$ m et $\rho = 1\,000$ $kg.m^{-3}$	
Pression en deux points différents d'un liquide	$P - Po = \Delta p = \rho \cdot g \cdot x$ x distance en m entre les deux points	
Force résultante des forces de pression exercées sur un solide entièrement immergé	$F = P$ $P = \rho \cdot g \cdot v$ v volume du corps en m^3 P poids du corps en kg	
Compressibilité des liquides	$\frac{dV}{V} = -\chi \, dp$ pour l'eau $\chi = 5{,}10^{-10}$ Pa^{-1}	χ coefficient de compressibilité dV variation de volume V volume du fluide dp variation de pression

DYNAMIQUE DES FLUIDES

Effet venturi	$\frac{S_A}{S_B} = k$ $V_A^2 = \frac{2(P_A - P_B)}{\rho \, (k^2 - 1)}$	 V_A,V_B : vitesse du fluide en A et B
Ecoulement d'un fluide par un orifice sans une paroi mince	$v = \sqrt{2\,gh}$ $h = \frac{P}{\rho\, g} = \frac{v^2}{2g}$	 v : vitesse en $m.s^{-1}$
Capillarité	Eau : $h = \frac{2\sigma}{\rho.g.r}$ Mercure : $h = \frac{2\sigma \cos a}{\rho.g.r}$	h en mètre r rayon de la ½ sphère en m ρ masse volumique $kg.m^{-3}$ g pesanteur
Viscosité dynamique η	Force de frottement $F = \eta \frac{S v}{e}$ (Dans le cas d'un déplacement d'un élément plan parallèle à lui-même)	H en Pa.s  S en m^2 e en m v en $m.s^{-1}$ F en N
Viscosité cinématique ν	$\nu = \frac{\eta}{\rho}$	ν en $m^2.s^{-1}$ $\nu = 13.10^{-6}$ $m^2.s^{-1}$ pour l' air f masse volumique du fluide
Ecoulement dans les conduites **(Nombre de Reynolds)**	$Re = \frac{vd}{\nu}$ $Re < 2400$ (vitesse critique) Ecoulement laminaire $Re > 2400$ Ecoulements turbulents	Re nombre de Reynolds (sans dimension) v vitesse moyenne en $m.s^{-1}$ d diamètre de la conduite en m ν viscosité cinématique en $m^2.s^{-1}$

ÉLECTRICITÉ 1/5

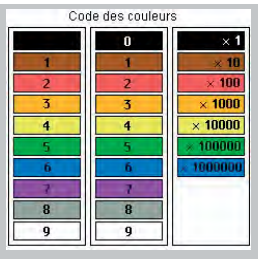
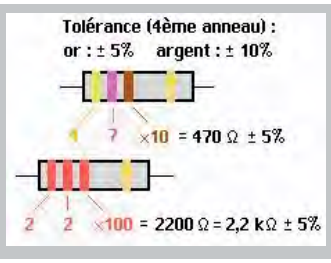
Travail – Energie **(W) en joule**	**En translation : W = F.d** **En rotation : W = M.θ** **M = F.r**	**F : force (Newton)** **d : déplacement (mètre)** **M : moment de la force** **θ : rotation (radians)** **Moment d'une force par rapport à son axe de rotation.** **F : force** **r : rayon (mètre)**
Puissance mécanique **(P) en watt**	$P = \frac{W}{t}$	**Travail fourni par seconde** **(t en seconde)**
Champ électrique uniforme **(ℰ) en volt/mètre**	$\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon o} . \frac{Q}{S}$	**Q : quantité d'électrons (Coulomb)** **S : surface traversée (mètre carré)** **εo : permittivité du vide = 8,85 10^{-12}**
Travail de la force électrique **(W) en joule**	$W = V_{AB} . Q$	**Q : quantité d'électrons (Coulomb)** **V_{AB} : tension appliquée a une charge Q (volt)**
Champ et potentiel **(ℰ) en volt/mètre**	$\varepsilon = \frac{V_A - V_B}{AB}$	**VA – VB : différence de potentiel (volt)** **AB : distance (mètre)**
Intensité du courant **(I) en ampère**	$I = \frac{Q}{t}$	**L' ampère est l'intensité d'un courant constant qui transporte 1 coulomb par seconde.**
Energie absorbée par un récepteur **(W) en joule**	W = U . Q	**U : tension (volt)** **Q : charge (coulomb)**
Puissance absorbée par un récepteur **(P) en watt**	P = U . I	**I : intensité (ampère)**
Loi d' ohm	U = R . I	**(Uniquement pour les conducteurs passifs)** **R : résistance du conducteur (ohm)**
Effet Joule	$W = R . I^2 . t$ $P = R . I^2$ $P = U.I = \frac{U^2}{R}$	**W : énergie calorifique (joule)** **P : puissance calorifique (watt)**
Force de Laplace **(F) en newton**	F = q . V . B	**q : charge (coulomb)** **V : vitesse (mètre/seconde)** **B : induction (tesla)**
Flux magnétique **(Φ) en wéber**	$\Phi = B . S . \cos \alpha$	**α (degré) : angle que fait le vecteur induction B avec la normale à la surface S**
Force magnétomotrice **(Fm) en ampère-tour**	F = N . I	**N : nombre de spires**
Excitation magnétique **(H) en ampère-tour / mètre**	$H = \frac{F}{L}$	**F : force magnétomotrice** **L : longueur du conducteur (mètre)**
Induction magnétique du vide **(Bo) en tesla**	Bo = μo . H	**μo : perméabilité dans le vide = $4\pi.10^{-7}$**
Induction magnétique **(B) en tesla**	B = μ . Bo = μ . μo . H	**μ : perméabilité relative du matériau**
Loi de Laplace	F = B . I . L sin α	**L'intensité est maximale lorsque le courant et l'induction font un angle de 90°**
Travail des forces électromagnétiques **(W) en joule**	W = Φ . I	

ÉLECTRICITÉ 2/5

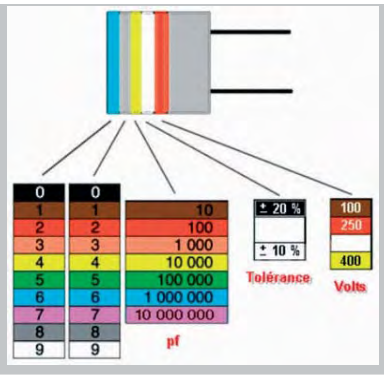
F.E.M induite (E) en volt	$E = B \cdot L \cdot v$ $E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	B : induction (tesla) L : longueur (mètre) v : vitesse (mètre/seconde) $\Delta\varphi$: variation du flux Δt : variation du temps
Fréquence (f) en hertz	$f = \frac{1}{T}$	T : période du signal (seconde)
Pulsation d' un courant (ω) en radian/seconde	$\omega = 2\pi \cdot f$	
Impédance (Z) en ohm	$Z = \frac{U}{I}$	valable en notation complexe (module et argument)
PUISSANCE MONOPHASEE : Puissance active : (P) en watt Puissance réactive : (Q) en voltampère réactif Puissance apparente (S) en voltampère	$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$ $S = U \cdot I$	Cos φ = facteur de puissance $\tan\varphi = \frac{Q}{P}$, $\cos\varphi = \frac{P}{S}$, $\sin\varphi = \frac{Q}{S}$
PUISSANCE TRIPHASEE : Puissance active : (P) en watt Puissance réactive : (Q) en voltampère réactif Puissance apparente (S) en voltampère	$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$ $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$ $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$	Ces trois formules sont valables quelque soit le couplage du récepteur
MACHINE A COURANT CONTINU : Couple (M) en Newton-mètre F.E.M. (E) en volt	$M = K \cdot \Phi \cdot I$ $E = K \cdot \Phi \cdot \Omega$ $E = N \cdot n \cdot \Phi$	$K = \frac{p}{a}\frac{N}{2\pi}$ N : nombre de conducteurs actifs Ω : vitesse angulaire (radian/seconde) p : nombre de paires de pôles a : nombre de paires de voies d'enroulement
F.E.M. d' un transformateur (E) en volt	$E = 4{,}44\ N \cdot f \cdot B \cdot S$	S en mètre carré
Rapport de transformation	$m = \frac{U2}{U1} = \frac{N2}{N1}$	N1 : nombre de spires au primaire N2 : nombre de spires au secondaire U1 : tension primaire U2 : tension secondaire
F.E.M d'une machine à courant alternatif (E) en volt	$E = K \cdot f \cdot N \cdot \Phi$	K : coefficient de Kapp ∪2,22
MOTEUR ASYNCHRONE : Vitesse de rotation (Ω) en radian/seconde Glissement (g) Fréquence des courants rotoriques (fr) en hertz Puissance perdue dans le rotor Rendement du moteur	$\Omega = (1 - g) \cdot \Omega s$ $g = \frac{\Omega s - \Omega}{\Omega s} = 1 - \frac{\Omega}{\Omega s}$ $fr = g \cdot f$ $Pr = g \cdot M \cdot \Omega s$ $\eta = \frac{Pu}{Pa}$	g : glissement (sans unité) Ωs : vitesse de synchronisme f : fréquence d'alimentation M : couple moteur électromagnétique

DIPOLES FONDAMENTAUX

Résistance :

Résistance (R) en ohm	$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$ $R = Ro \cdot (1 + at + bt^2)$	ρ : résistivité du matériau (Ω.m) Ro : résistance du matériau à O°C a : coefficient de température
Couplage en série	$Re = R_1 + R_2 + R_3$	Re : résistance équivalente
Couplage en parallèle	$\frac{1}{Re} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ $Ge = G_1 + G_2 + G_3$	G : conductance = $\frac{1}{R}$
Impédance (Z) en ohm	$Z = R$	Déphasage φ = 0°
Code des couleurs		

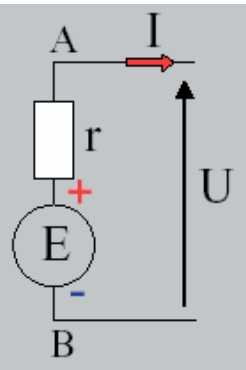
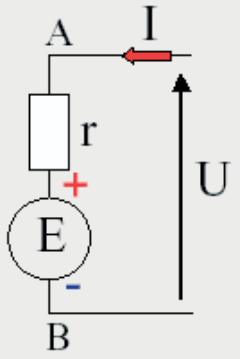
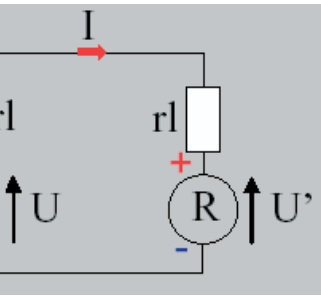
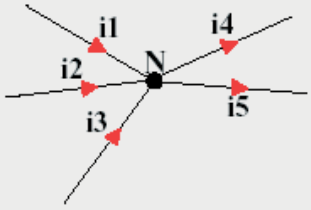
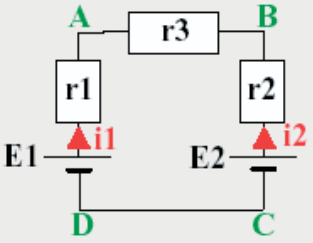
Condensateur :

Charge (Q) en coulomb	$Q = C . U$	U : tension (volt) C : Capacité (farad)
Capacité (C) en farad	$C = \varepsilon o \cdot \varepsilon r \cdot \frac{S}{d}$	εo : permittivité du vide = 8,85 10^{-12} εr : permittivité relative ou constante diélectrique du milieu isolant
Couplage parallèle	$C = C_1 + C_2 + C_3$	
Couplage série	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	
Constante de temps (charge) (τ) en seconde	$\tau = R . C$	R : résistance en ohm
Energie (Wc) en joule	$Wc = \frac{1}{2} . C . U^2$	Energie mise en réserve dans le condensateur
Code des couleurs		

Bobine :

Flux (Φ) en wéber	$\Phi = L . I$	L : unité d'inductance (henry)
F.E.M. d'auto-induction (e) en volt	$e = - L . \frac{di}{dt}$	
Constante de temps (τ) en seconde	$\tau = \frac{L}{R}$	L : unité d'inductance (henry) R : résistance en ohm

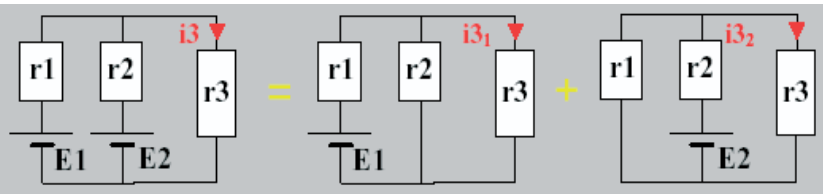
CIRCUITS ELECTRIQUES

Circuit générateur **Tension** **Puissance** **Energie**	**Circuit ouvert** **I=0 U=E** $V_A - V_B = U = E - rI$ $P = EI - rI^2$ $W = EI.t - rI^2t$	 **r** résistance interne **E** f.e.m en Volts **U** différence de potentiel en Volts **P** en Watts **W** en Joules et **t** en secondes
Circuit récepteur **Tension** **Puissance** **Energie**	$U = E + rI$ $P = U\,I = EI + rI^2$ $W = E.I.t + rI^2.t$	
Circuit conducteur **Chute de tension en ligne** **Puissance et** **Energie perdue**	$U - U' = 2\,\eta\,I$ $P = 2\,\eta\,I^2$ $W = 2\,\eta\,I^2\,t$	
Lois de Kirchhoff **1. Loi des noeuds** **2. Loi des mailles**	$i_1 + i_2 + i_3 = i_4 + i_5$ **Au nœud (N) : la somme des courants égale à O** $V_A - V_D = V_{AD}$ $V_{AD} = E1 - r1.i1$ $V_{BC} = E2 - r2.i2$ $V_{AD} - V_{AB} - V_{BC} = 0$	 
Loi d' ohm **(Conducteurs passifs)**	**U = R . I**	**R : résistance du conducteur (ohm)**

TRANSFORMATIONS DE CIRCUITS

Principe de superposition

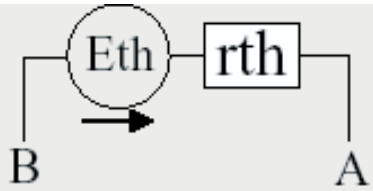
(1) est la superposition de (2) et (3)



(1) = (2) + (3)

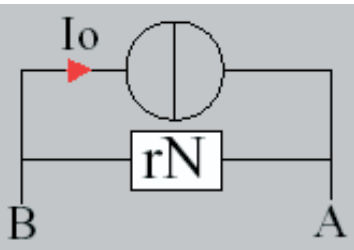
exemple : $i3 = i3_1 + i3_2$

Théorème de Thévenin



E_{th} : tension mesurée entre A et B à vide.
R_{th} : résistance vu des bornes A et B lorsqu' on annule toutes les Sources (courant = circuit ouvert, tension = 1 fil).

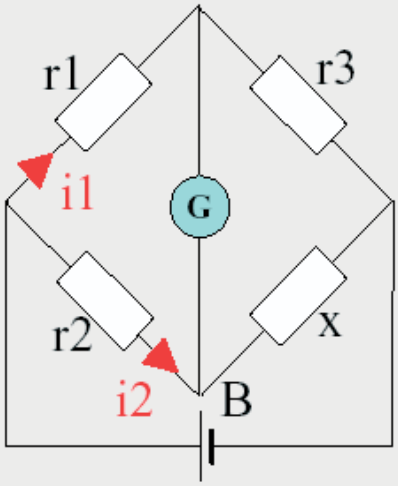
Théorème de Norton



Io : courant circulant entre les bornes A et B en court circuit.
rN : résistance vu des bornes A et B lorsqu' on annule toutes les Sources (courant = circuit ouvert, tension = 1 fil).

Pont de Wheaston

(mesure de résistance)



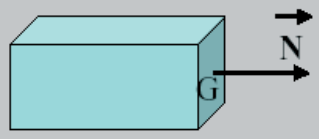
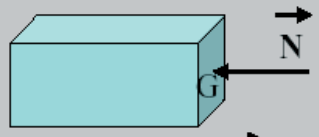
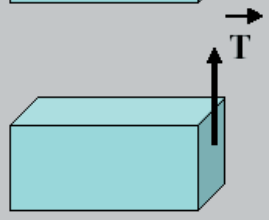
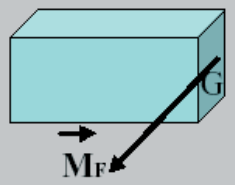
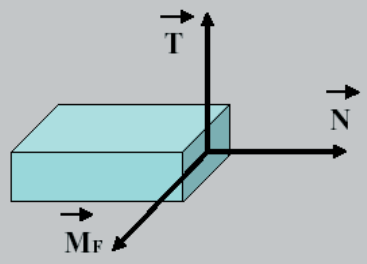
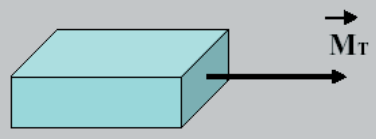
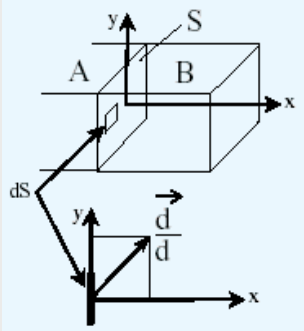
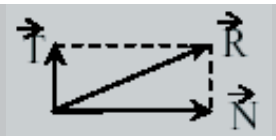
A l'équilibre : $V_A - V_B = 0$

$r1.i1 = r2.i2$
$r3.i1 = x.i2$

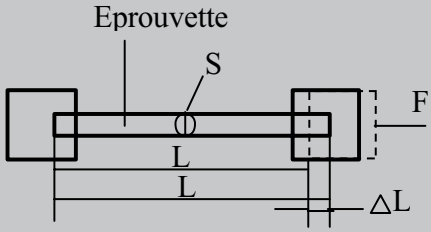
d'où $x = \frac{r2}{r1} . r3$

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX 1/4

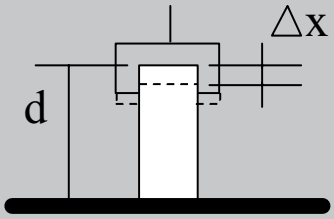
SOLLICITATIONS ET CONTRAINTES DES MATERIAUX :

Torseurs des forces extérieures (ou visseur) appliquées en G	**Traction** $\vec{N}$	
	Compression $\vec{N}$	
	Cisaillement $\vec{T}$	
	Flexion pure $\vec{M_F}$	
	Flexion composée $\vec{N}$ $\vec{T}$ $\vec{M_F}$	
	Torsion $\vec{M_T}$	
Composante du torseur d'une surface ds (facette) résultant de l'action de B sur A δ contrainte normale τ contrainte tangentielle (cission)	$\frac{\vec{dF}}{dS} = \vec{\delta} + \vec{\tau}$ (quand dS tend vers 0)	
Résultante des forces $\vec{R}$	$\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$	

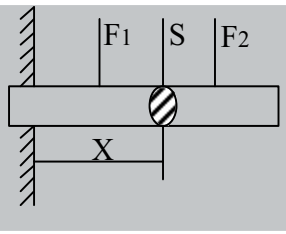
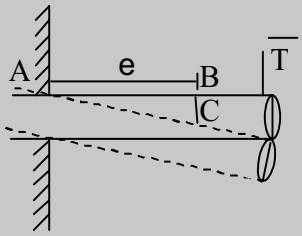
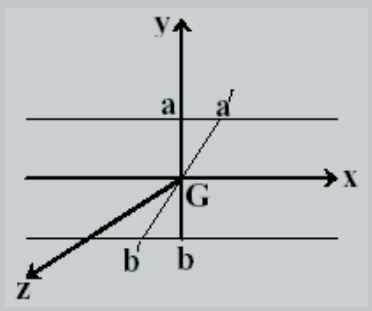
ESSAI DE TRACTION

Allongement ΔL (loi de Hooke)	$\Delta L = L - Lo = kF$ ΔL en m F en newtons	 **F** force en **N** δ contrainte normale en **Pa** ε allongement relatif **So** surface de section m^2 **E** module de Young en **Pa**
Allongement relatif ε	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$	
Limite d'élasticité et fatigue δ	$\delta = \frac{F}{So}$	
Module d'élasticité longitudinale E (module de Young)	$E = \frac{\delta}{\varepsilon}$	
Allongement	$\Delta L = \frac{F.Lo}{E.So}$	
Déformation permanente (plus de proportionnalité entre ΔL et F)	$R = \frac{Fm}{So}$	**ΔL, L, Lo** en **m**. **R** résistance à la traction (**Pa**). **Fm** charge maximale (**N**)
Coefficient de sécurité α (en fonction de la limite d'élasticité δmax)	$\Delta max = \frac{R}{\alpha}$	$1,5 < \alpha < 10$

ESSAI DE COMPRESSION

Glissement unitaire ou tassement	$\gamma = \frac{\Delta x}{d}$	 **d** distance entre face parallèles **Δx** tassement τ accroissement de contrainte en Pa **G** en Pa ou daN/mm^2 **G** = O,4 E **lt** dilatation linéique transversale **lo** dilatation linéique longitudinale **k** en Pa **p** accroissement de pression θ accroissement de volume / volume de référence
Module d'élasticité de glissement G (module de coulomb)	$G = \frac{\tau}{\gamma}$	
ou module transversal	$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	
Coefficient de Poisson	$\nu = \frac{\varepsilon\, lo}{\varepsilon\, lt}$	
Module de compressibilité volumique k	$k = -\frac{p}{\theta}$	

CISAILLEMENT – TORSION

Effort tranchant résultant du moment fléchissant M_F dans une section S	$T = \frac{d M_F}{dx}$	
Condition de résistance au cisaillement	$\tau_{moyen} = R_p$	**Rp** résistance pratique à la rupture ou au glissement ou cisaillement
Cisaillement (domaine élastique)	$tg\ \gamma = \frac{BC}{AB}$	
Contrainte moyenne de Cisaillement ou cission τ	$\tau_{moyen} = \frac{T}{S}$	
Contrainte nor male d en fonction de M^t_F		
dans une fibre d'ordonnée y	$\delta_y = y \frac{M_F}{I_{GZ}}$	
dans une fibre de la surface ($v = y\ max$)	$\delta max = \frac{M^t_F}{\frac{I_{GZ}}{v}}$	
Contrainte maximale acceptable	$\delta max = \frac{M^t_{F\ max}}{\frac{I_{GZ}}{v}} = R_p$	δ_y contrainte dans la fibre d'ordonnée y aa' – bb' = déformation infinitésimale de 2 sections droites parallèles I_{GZ} moment quadratique de la section par rapport à l'axe G
Torsion (domaine élastique)		
Déformation a d'un arbre cylindrique	$\theta = \frac{\alpha}{l}$	θ angle de déformation par unité de longueur τ cission daN/mm^2 ρ distance de l'axe à la fibre
Contrainte de cisaillement τ	$\tau = G.\theta.\rho$	

FLEXION

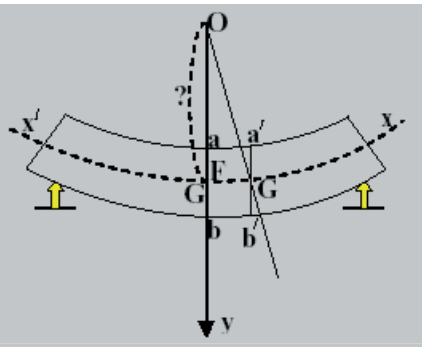
Déformation d'une poutre

Selon 1 courbure $\frac{1}{\rho}$ de la ligne élastique

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{M_F}{E.I_{GZ}}$$

Expression analytique de ρ

$$\rho = \frac{(1 + y'^2)^{\frac{3}{2}}}{y''}$$



Equation différentielle de la déformée

Pour de petites déformations (y' -> 0)

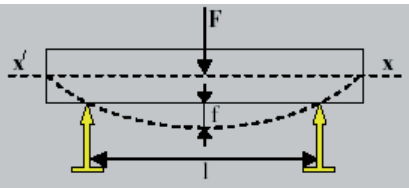
$$y'' = -\frac{M^t_F}{E.I_{GZ}}$$

$$\frac{M^t_F}{I_{GZ}} \Big| F(x)$$

M^t_F moment fléchissant de la section
I_{GZ} moment quadratique par rapport à G

Flèche d'une poutre soumise à une charge F

$$f = \frac{F\,l^3}{48\,E\,I_{GZ}}$$



FLAMBEMENT AXIAL

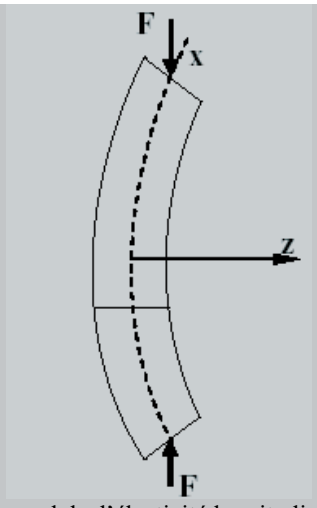
Formule d'Euler

Charge critique à la compression

$$Fc = \frac{p^2\,E\,I_{GZ}}{l^2}$$

Charge admissible pour poutre longue

$$F_R = S\,.\,Rpc\,.\,\frac{1}{1 + A\gamma^2}$$



E module d'élasticité longitudinale du matériau
l longueur théorique de la poutre
I_{GZ} moment quadratique
Fc charge admissible à la compression
S section de la poutre
Rpc résistance pratique à la compression

$$A = \frac{Re}{p^2\,E} \quad \gamma = \frac{l}{r} \quad r = \sqrt{\frac{I}{S}}$$

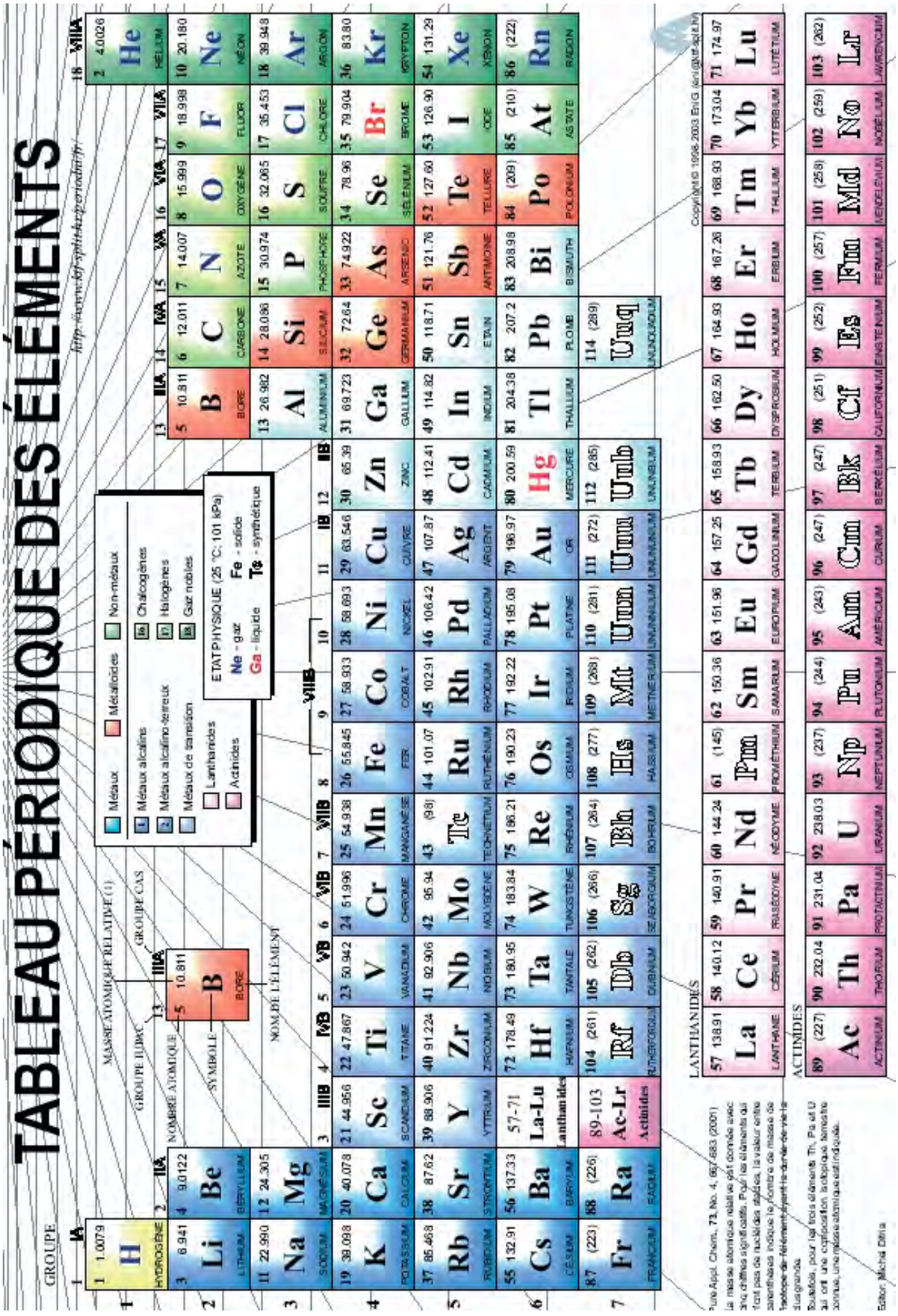


TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS
http://www.lenntech.com/periodic-fr.htm
GROUPE
MASSE ATOMIQUE RELATIVE (1)
GROUPE IUPAC
GROUPE CAS
NOMBRE ATOMIQUE
SYMBOLE
NOM DE L'ÉLÉMENT
Métaux
Métalloïdes
Non-métaux
Métaux alcalins
Métaux alcalino-terreux
Métaux de transition
Lanthanides
Actinides
Chalcogènes
Halogènes
Gaz nobles
ETAT PHYSIQUE (25 °C; 101 kPa)
Ne - gaz
Ga - liquide
Fe - solide
Te - synthétique
LANTHANIDES
ACTIDES
Copyright © 1998-2003 Eni G. (eni@lenntech.com)
Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Editor: Michal Dillis

STRUCTURES CRISTALLOGRAPHIQUES ET PROPRIETES PHYSIQUES

Grandeur	Masse volumique ρ ($g.cm^{-3}$)	Température de fusion (°C)	Coeficient de Dilatation ($10^{-6}.°C^{-1}$)	Capacité Calorifique ($J.Kg^{-1}.°C^{-1}$)	Capacité Calorifique ($J.Kg^{-1}.°C^{-1}$)
METAUX					
Aluminium Al	2.698	660.2	24	900	247
Argent Ag	10.50	960.8	19	235	428
Béryllium Be	1.846	1278	12	2422	160
Cadmium Cd	8.647	321	29	230	
Chrome Cr	7.194	1890	8.2	455	
Colbalt Co	8.8	1495	12.1	418	95
Cuivre Cu	8.932	1083	16.4	386	398
Etain Sn	5.765	231.9	23		
Fer Fe	7.873	1535	11.8	448	80
Lithium Li	0.533	179	56	2980	
Magnésium Mg	1.737	651	26	1012	160
Manganèse Mn	7.473	1244	23		
Molybdène Mo	4.508	2610	4.9	247	
Nickel Ni	8.907	1453	13	443	90
Niobium Nb	8.578	2468	7.2		
Or Au	19.281	1063	14	130	315
Platine Pt	21.47	1769	11.7	132	
Plomb Pb	11.341	327.5	29	1.42	33
Tantale Ta	16.47	2996	6.5		
Titane Ti	4.508	1675	8.8	524	16.7
Tungstène W	19.253	3410	4.4	142	178
Uranium U	19.05	1137			
Vanadium V	6.09	1890			
Zinc Zn	7.0134	419.4	31.2	388	
Zirconium Zr	6.507	1852	6.3	316	
COVALENTS					
Carbone C diam	3.516	> 3500	1.2	510	70
Silicium Si	2.329	1410	7.63	879	
Carbure Si SiC	3.22	2300	4.7		90
OXYDES					
Alumine Al_2O_3	3.9	2050	8.8	775	30
Silice SiO_2	2.6		0.5	740	2
Oxyde de calcium CaO		2580			
Magnésie MgO	3.5	2850	13.5	940	38
Nutile TiO_2		1630-1850			

Grandeur	Masse volumique ρ ($g.cm^{-3}$)	Température de fusion (°C)	Coeficient de Dilatation ($10^{-6}.°C^{-1}$)	Capacité Calorifique ($J.Kg^{-1}.°C^{-1}$)	Capacité Calorifique ($J.Kg^{-1}.°C^{-1}$)
POLYMERES					
Polyéthylène Basse densité Haute densité	 0.92 0.95	 98-115 130-137	 100-220 60-110	 2200 2100	 0.33 0.48
Polypropylène	0.9	170	80-100	1880	0.12
Polychlorure de Vynil (PVC)	1.4	160	50-100		0.12-0.20
Polystyrène	1.04	Tg : 74-105	50-83	1360	0.10-0.14
PMMA	1.18	Tg : 85-105	50-90	1500	0.17-0.25
Epoxy	1.3	Tg : 370-390	55-90	1800	0.2-0.5

PROPRIETES MECANIQUES (à 20°C)

Matériaux	Module d'élasticité (GPa)	Coefficient de Poisson	Limite d'élasticité $R_{0,2}$ (MPA)	Résistance à la traction Rm (MPA)
METAUX				
Aluminium	70	0.34	40	80
Cobalt	210	0.30	300	800
Cuivre	120	0.34	60	200
Fer	210	0.29	50	200
Magnésium	45	0.29	40	160
Molybdène	215	0.29	565	655
Nickel	210	0.31	60	300
Plomb	17	0.44	11	14
Titane	110	0.34	170	240
Tungstène	410	0.28	1000	1510
Zinc	105		30-40	120
ALLIAGES METALLIQUES				
Aciers doux au carbone	210	0.29	220	430
Aciers au carbone (trempé)	210	0.29	250-1300	500-1800
Aciers inoxydables	190-210	0.29	240-400	450-800
Fonte GS	150	0.29	280-630	380-840
Alliage d'Al	70-80	0.33	50-600	120-700
Alliage de cobalt	200-250	0.30	300-2000	800-2500
Alliage de cuivre	120-150	0.34	100-900	220-1000
Bronze	110	0.35	120-600	250-700
Alliage de Mg	45	0.29	110-280	160-350
Alliage de nickel	130-230	0.31	200-1600	400-2000
Alliage de titane	80-130	0.33	250-1200	300-1300
Alliage de zinc	105		250-400	280-425

SCIENCES DES MATÉRIAUX 4/7

Matériaux	Module d'élasticité (GPa)	Coefficient de Poisson	Limite d'élasticité $R_{0,2}$ (MPA)	Résistance à la traction Rm (MPA)
POLYMERES				
Polyéthylène Basse densité Haute densité	 0.2 1		 6-20 20-30	 20 35
Polypropylène	1.1		20-35	35
Polychlorure de Vynil (PVC)	2.4	0.3	45-50	
Polystyrène	3-3.4		35-70	40-70
PMMA	3.2	0.4	60-110	110
Epoxy	2-5		30-100	30-120
FIBRES				
Carbure de silicium SiC	480			2300
Carbone	150-500			1500-3500
Verre	76			2000-3500
Kevlar	60-130			2700-3600
CERAMIQUES (frittées)				
Alumine (Al2O3)	390	0.27	275-550	3000
Béton	40-50		20-30	50
Diamant	1000	0.1		7000
Magnésie	210	0.36	105	3000
Silice (SiO2) (quartz) (verre)	 54 70	 0.16 0.23	 110 70	 1200 700
Carbure de Si	450	0.19	450-520	1000
Zircone (ZrO2)	200	0.32	138-240	2000
COMPOSITES				
Béton armé	40-50		410	
Bois (fibres //) (fibres ⊥)	 5-15 0.5-1.5		 30-180 1-10	 10-60 2-10
Polymères et fibres de carbone	50-200		1000-2000	

Aciers d'usage général	Désignation	A37	A42	A47	A50	A60	A70	A85
Fer 0.05 à 1.5% de carbone	**Rm résistance max à la traction da/mm²**	36 à 41	41 à 49	46 à 56	49 à 59	59 à 71	69 à 83	85 à 95

A	50	2
Classe	Rm	Qualité

Aciers non alliés pour traitements thermiques	Désignation	XC18	XC38	XC48	XC68	XC100
X C 18	**Rm résistance max à la traction da/mm²**	36 à 41	41 à 49	46 à 56	49 à 59	59 à 71
Classe **0.18% de C**						

Désignation selon aptitude E 20 48 M

E : classe de l'acier **20** : charge limite d'élasticité **48** : charge maxi à l'extension
M : utilisation en moulage

Ou alors **S** : soudable **TS** : trempe superficielle **DF** : déformable à froid

Aciers alliés

Eléments d'addition :

- chrome (C)* - cobalt (K) - magnésium (G) - molybdène (D) - nickel (N)
- plomb (P) - tungstène (T) - vanadium (V) - silicium (S)

* symboles métallurgiques

Faiblement alliés : la teneur de chaque élément d'addition < 5% en masse

Exemple :

35 N CD 4

- Teneur en carbone
- Eléments d'addition en ordre décroissant
- Teneur en éléments additionnels, Nombre multiplié par 4 pour C, K, M, N ,S et par 10 pour les autres éléments

0.35% de carbone + 1% de N + C (chrome) < 1% + ***D<C***

Fortement alliés : la teneur de chaque élément d'addition > 5% en masse

Exemple :

Z 6 CN 18-09

- Classe de l'acir fortement allié

0.06% d carbone + 18% de C + 9% de N

FONTES

Définition : Produits ferreux + (2.5 à 5% d carbone)

Désignation : **Ft 25** (Ft : fonte grise non alliée / 25 : résistance minimale à la traction)

Exemple : FGS 400 12
FGS : fonte à graphite sphéroïdale
400 : Rm traction 400 N/mm²
12 : allongement A en % (12%)

Fontes grises non alliées	**Nuances**	**Ft 10**	**Ft 15**	**Ft 20**	**Ft 25**	**Ft 30**	**Ft 35**	**Ft 40**
	Rm daN/mm²	10	15	20	25	30	35	40
Fontes malléables	**Nuances**	MB35-7	MB40-10	MN35-10	MN38-18	MP50-5	MP60-3	MP70-2
	Rm daN/mm²	34	39	34	37	49	59	69
	A%	7	10	10	18	5	3	2
Fontes à graphite sphéroïdal	**Nuances FGS**	370-17	400-12	500-7	600-3	700-2	800-2	
	Rm daN/mm²	370	400	500	600	700	800	
	A%	17	12	7	3	2	2	

CUIVRE ET ALLIAGES DE CUIVRE

BRONZE			
Cu + Sn + autres éléments Zn, P, Pb			
Exemple	**Rm N/mm²**	**Applications**	**Désignation**
Cu Sn5 Zn4	450	Tous usages	Cu Sn5 Zn
Cu Sn12 Zn1	230	Coussinets	Cuivre +
Cu Sn7 Pb6 Zn4	220	Moulages	Etain 5% +
Cu Sn9 P	550	Frottement	Zinc < 1%

LAITON			
Cu + Zn + autres éléments Al, P, Pb			
Exemple	**Rm N/mm²**	**Applications**	**Désignation**
Cu Zn35	180	Robinetterie	Cu Zn39 Pb2
Cu Zn40	340	Pompes	Cuivre +
Cu Zn33	300	Emboutissage	Zinc 39% +
Cu Zn39 Pb2	400	décolletage	Plomb 2%

ZINC ET ALLIAGES

ZAMAC			
Zn + Al + autres éléments G, U			
Exemple	**Rm N/mm²**	**Applications**	**Désignation**
Z A4 G (zamac 3)	240	Moulage sous pression	Z A4 G
Z A4U1G (zamac 5)	290	Frottement	Zinc
Z A13U1G (ILZRO 12)	230	Petite mécanique	Aluminium 4% Magnésium
Z A4U3 (KAYEM 1)	250	Outils pour thermoplastiques	

ALUMINIUM ET ALLIAGES DE TRANSFORMATION

Aluminium

Désignation : **A 7**

A : aluminium pur à 99.7%
7 : pureté chimique

Alliages d'aluminium

Désignation : **A-S10 G**

A : aluminium
S10 : silicium 10%
G : magnésium

Aluminium et alliages de transformation

Métal pur (= 4 chiffres)

Exemple : **1080**

1	0	8 0
Aluminium De teneur ≥ 99 %	Nombres d'impuretés à soumettre au contrôle.	Pourcentage d'aluminium au dessus de 99% dans ce cas A=99,80%

Alliages

Exemple : **2017**

2	0	1 7
Groupe d'alliage	Transformations subies	Identification de l'alliage

Groupes d'alliage

1	2	3	4	5	6	7	8
Aluminium							
Teneur ≥ 99,9%	+ cuivre	+ manganèse	+ silicium	+ magnésium	+ magnésium + silicium	+ zinc	Autres alliages